

Title	Surface migration of group V atoms during molecular beam epitaxy of GaAsP on GaAs channelled substrates
Author(s)	立岡, 靖晃
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42443">https://hdl.handle.net/11094/42443</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について <a href="#">/a&gt;</a> をご参照ください。

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	たつ おか やす あき 立 岡 靖 晃
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 3 4 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成13年3月23日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	Surface migration of group V atoms during molecular beam epitaxy of GaAsP on GaAs channelled substrates (GaAs 段差基板上に MBE 成長した GaAsP における V 族原子の表面マイグレーション)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 冷水 佐壽  (副査) 教 授 中島 尚男    教 授 伊藤 正

### 論 文 内 容 の 要 旨

分子線結晶成長 (MBE) 時におけるⅢ族原子の結晶成長過程や表面マイグレーションは詳細に調べられてきた。一方、V族原子のそれらについてはほとんど明らかにされていない。本研究では、高指数面 GaAs 基板上に GaAsP を MBE 成長し、高指数面 GaAs 基板上での As 及び P 原子の結晶成長過程を調べた。また、段差基板上に GaAsP を MBE 成長することによって、MBE 成長中の V 族原子の表面マイグレーションの観察に初めて成功した。

まず、As<sub>4</sub>分子線を用いて ( $n11$ ) A GaAs 基板上 ( $n=3, 4, 5$ ) に GaAsP 膜を MBE 成長した。高分解能 X 線測定により決定された高指数面基板上の GaAsP 膜の As 組成は、基板面方位に大きく依存することが見出された。また、As<sub>4</sub>分子線の代わりに As<sub>2</sub>分子線を用いて MBE 成長した GaAsP 膜の As 組成は、基板面方位にほとんど依存しなかった。以上の結果は、As<sub>4</sub>分子の As<sub>2</sub>分子へ分解する過程が基板面方位に大きく依存していることを示している。

つぎに、( $n11$ ) A 面を斜面として持つ段差基板上 ( $n=3, 4, 5$ ) に GaAsP を MBE 成長し、As 組成の横方向変化を EDX により調べた。(411) A 斜面上の GaAsP 膜の As 組成は、(100) 面との境界から約  $10\mu\text{m}$  程度の領域にわたって、同時成長した ( $n11$ ) フラット基板上の GaAsP 膜の As 組成から大きく増加した。As 組成の横方向変化より決定された成長温度  $535^\circ\text{C}$  における As<sub>4</sub>分子の表面拡散長は、(411) A 面上において  $15\mu\text{m}$  であった。これらは、これまで報告されている Ga 原子の表面拡散長よりも数十倍大きい値であり、Ⅲ族原子のそれとはほとんど相関がないことが初めて見出された。また、(311) A 及び (511) A 斜面上の As 組成は、同時成長した (311) A、(511) A フラット基板上の As 組成から大きく減少し、(411) A 面よりも長い表面拡散長を持つことが明らかにされた。これは、(511) A や (311) A 斜面上では、As<sub>4</sub>分子が (100) 領域へ流れ出すのに対して、(411) A 斜面では、As<sub>4</sub>分子が (100) 領域から流れ込んでいることを示している。これらの結果は、同じ (100) 面から (111) A 面への基板オフ角度を増加させた (511) A や (311) A 面とは全く逆に、(411) A 面上では As<sub>4</sub>分子が蒸発しやすいことを示唆している。これまで、(411) A 面上ではⅢ族原子の表面拡散長が長い為、極めて平坦な界面を持つⅢ-V化合物半導体ヘテロ構造を形成できることが報告されているが、この形成過程に V 族原子の結晶成長過程も大きく関与していることを初めて見出した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、高指数面 GaAs 基板上に GaAsP を MBE 成長し、高指数面 GaAs 基板上での GaAsP の結晶成長過程が初めて調べられている。GaAs 段差基板上に GaAsP を MBE 成長することによって、MBE 成長中における V 族分子 ( $As_4$ ) の表面マイグレーションの観察に初めて成功している。

$As_4$  分子線を用いて (n11) A GaAs 基板 ( $n=3, 4, 5$ ) 上に MBE 成長した GaAsP 膜の As 組成比が、基板面方位に大きく依存することが見出された。また、 $As_4$  分子線の代わりに  $As_2$  分子線を用いて MBE 成長した GaAsP 膜の As 組成比は基板面方位にほとんど依存しないことより、 $As_4$  分子の  $As_2$  分子への分解過程に基板面方位依存性が存在することが明らかになった。

つぎに、V 族原子の表面マイグレーション現象を明らかにする為、(n11) A 面 ( $n=3, 4, 5$ ) を斜面として持つ (100) GaAs 段差基板上に MBE 成長した GaAsP の As 組成比の横方向変化を EDX により調べている。(411) A 斜面上の GaAsP 膜の As 組成比は、(100) 面との境界から約  $10\mu\text{m}$  程度の領域にわたって、同時成長したフラット基板上の As 組成比から大きく増加していることを観測し、広い領域にわたって  $As_4$  分子が表面マイグレートすることを初めて明らかにした。また、成長温度  $535^\circ\text{C}$  における  $As_4$  分子の表面拡散長は、(411) A 面上において  $15\mu\text{m}$  であることが初めて決定された。これは、これまで報告されている Ga 原子の表面拡散長よりも数十倍大きい値である。

一方、段差基板上の (311) A 及び (511) A 斜面上に MBE 成長した GaAsP の As 組成比は、同時成長した対応するフラット基板上の GaAsP の As 組成比から大きく減少し、(411) A 面上よりも長い表面拡散長を持つことが明らかとなった。以上の結果は、(511) A や (311) A 斜面上では、 $As_4$  分子が (100) 領域へ流れ出すのに対して、(411) A 斜面では、 $As_4$  分子が (100) 領域から流れ込んでいることを示している。(100) 面から (111) A 面へ向かって基板オフ角度を増加させた高指数面の中でも、唯一 (411) A 面上でのみ (100) 面上より  $As_4$  分子が蒸発しやすいことを示唆している。これまで、(411) A 面上では III 族原子の表面拡散長が長い為、極めて平坦な界面を持つ III-V 化合物半導体ヘテロ構造を形成できることが報告されているが、これは、基板表面上での過剰 As 原子が少ないことが、その一因であることが判明した。

以上のように、(100) GaAs 基板上及び GaAs 高指数基板上での GaAsP の MBE 成長過程を詳細に調べることで、 $As_4$  分子の表面マイグレーション現象に関する新しい知見が得られており、本論文が博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。